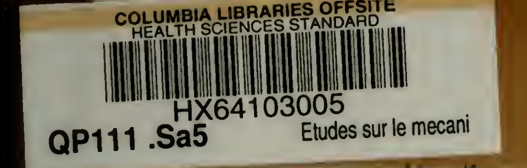


ÉTUDES

SUR

LE MÉCANISME DU CŒUR

AVEC QUATRE FIGURES INTERCALÉES DANS LE TEXTE
ET CINQ PLANCHES

PAR

C. P. SANDBORG
DOCTEUR EN MÉDECINE

ET

WORM MÜLLER
PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE CHRISTIANIA.

TRADUIT DU NORWÉGIEN.

CHRISTIANIA.
IMPRIMERIE MALLING.
1880.

ÉTUDES

SUR

LE MÉCANISME DU CŒUR

AVEC QUATRE FIGURES INTERCALÉES DANS LE TEXTE
ET CINQ PLANCHES

PAR

C. P. SANDBORG

DOCTEUR EN MÉDECINE

ET

WORM MÜLLER

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE CHRISTIANIA.

TRADUIT DU NORWÉGIEN.

CHRISTIANIA.

IMPRIMERIE MALLING.

1880.

DE L'INSUFFISANCE DES APPAREILS EMPLOYÉS JUSQU'A PRÉSENT A L'ÉTUDE DU MÉCANISME DU CŒUR

PAR

WORM MÜLLER.

Lorsque dans le courant de l'année académique 1878—79 je me chargeai de l'enseignement de la circulation du sang, je sentis vivement l'insuffisance des appareils employés pour démontrer la fonction des valvules.

Il n'est certainement pas difficile de démontrer l'ouverture et la fermeture de chaque valvule en particulier; mais cette démonstration ne peut donner en réalité qu'une bien faible idée du véritable mécanisme. Les recherches faites à ce sujet par Rüdinger doivent cependant être considérées comme un progrès, puisqu'elles enseignent la manière dont les valvules sigmoïdes s'ouvrent et se ferment pendant qu'un courant traverse le cœur gauche; mais il a étudié la fonction des valvules dans le but spécial de savoir si les artères coronaires se remplissaient en même temps qu'avait lieu la contraction du ventricule gauche. Brücke a soutenu l'opinion que ces valvules, soumises à la pression du courant sanguin pendant la contraction du ventricule, s'appliquaient contre les parois artérielles et fermaient l'ouverture des artères coronaires dont le remplissage ne pouvait ainsi avoir lieu pendant la systole.

Tout en rendant justice aux essais qui ont été faits pour expliquer cette opinion de Brücke, il faut cependant admettre que le but véritable doit être d'arriver à connaître les fonctions des valvules en général. Avec ce but devant les yeux, il est évident que la question du rapport des valvules sigmoïdes aux artères coronaires n'est qu'une question de détail qui trouvera son explication suffisante lorsque le but principal sera atteint.

Ceradini a, dans son remarquable ouvrage «Der Mechanismus der halbmondförmigen Herzklappen, Leipzig, 1872», essayé de donner une explication détaillée du rapport des valvules sigmoïdes (de l'art. pulm.) sous l'influence du courant sanguin; mais comme dans son essai l'artère pulmonaire est séparée de ses attaches naturelles avec le ventricule droit et que le courant apporté ne peut être considéré comme répondant à la circulation normale, on est à peine en droit de tirer de semblables essais des conclusions probantes.

E. H. Weber a également essayé d'établir une circulation, et a dans ce but construit son «Schema» bien connu; mais dans une expérience où un morceau de l'intestin doit représenter le ventricule, on ne peut naturellement pas résoudre le problème en question, bien qu'en réalité l'idée soit juste; car pour étudier le mécanisme du cœur il faut avant tout produire une circulation.

Marey a, dans son intéressant ouvrage «Physiologie médicale de la circulation du sang, Paris, 1863, pag. 39—42 et 164—167», établi un «Schema» bien plus complet. Il s'est servi d'un cœur en caoutchouc ayant un ventricule et une oreillette, et de conduits de même substance; à l'aide d'appareils construits à cet usage, il a obtenu un courant continuel à peu près régulier. Comme le but des recherches de Marey était d'apporter une plus grande lumière sur les phénomènes de la circulation, en particulier sur ceux du système artériel, un cœur en caoutchouc avec des valvules artificielles pouvait remplir le but désiré; mais là où il s'agit de se faire

une idée exacte du mécanisme du cœur et du jeu des valvules, cet appareil doit être regardé comme insuffisant.

Toutes les expériences faites jusqu'à présent pour étudier le mécanisme du cœur laissent donc beaucoup à désirer. Si les études physiologiques doivent amener à un résultat réel, il est non-seulement nécessaire d'arriver à produire une circulation, mais cette circulation doit avoir lieu à travers un cœur naturel (nouvellement détaché), et ce cœur doit être amené à rendre des pulsations, afin d'obtenir un courant continuel périodiquement renforcé et un jeu complet des valvules; il faut en outre que l'on puisse observer directement ce jeu.

Il est vrai que Coats (1869), Bowditch (1871) et d'autres ont établi une circulation à travers des cœurs de grenouille, et Marey (1873) dans des cœurs de tortue; mais comme le but de ces recherches était de déterminer le *travail* du cœur, ils ne se sont pas occupés de son mécanisme.

Comme il était d'un grand intérêt d'obtenir une plus grande clarté sur un sujet aussi important, je m'adressai au commencement de l'année 1879 à M. le Docteur C. Sandborg en le priant de vouloir bien essayer de construire des appareils qui pussent remplir les conditions dont nous avons parlé, et en même temps de se livrer à des recherches méthodiques sur ce sujet. A cette occasion je mis à sa disposition les ressources que pouvait lui offrir le cabinet physiologique.

M. le Dr. C. Sandborg s'était déja occupé, il y a environ vingt ans, de la solution de problèmes analogues, et les appareils qu'il avait construits à cet effet avaient alors éveillé mon attention; (mais les occupations de sa clientèle l'avaient forcé d'abandonner ses recherches). C'est pour cette raison que je m'adressai au Dr. C. Sandborg qui se rendit volontiers à ma demande.

M. le Dr. C. Sandborg est parvenu à résoudre les problèmes en question d'une manière satisfaisante, et je dois ajouter

que les appareils employés par lui sont tout à fait originaux de construction.

Les expériences faites par M. le Dr. C. Sandborg ont déja servi à éclairer des questions fondamentales sur le mécanisme du cœur et le jeu de ses valvules, et m'ont semblé de plus contenir tant de sujets d'intérêt, que j'acceptai avec empressement l'offre qu'il me fit de l'assister dans la suite de ses recherches.

ETUDES SUR LE MÉCANISME DU CŒUR

PAR

C. SANDBORG ET WORM MÜLLER.

I.

De la construction des appareils et de l'ordre apporté dans les expériences.

Il est évident qu'il eût été du plus grand intérêt d'employer des cœurs d'homme dans les recherches en question ; mais comme il n'est généralement pas facile de s'en procurer dans un état de conservation suffisante, et que de plus il est à désirer que les observations se fassent sur des cœurs du plus grand volume possible, on a choisi les cœurs de bœuf comme les plus propres à l'objet de ces recherches.

On est d'avance autorisé à admettre que les résultats ne pouvaient être d'une différence essentielle, qu'ils fussent obtenus sur des cœurs de bœuf ou sur des cœurs d'homme; mais pour obtenir une plus grande certitude sur ce sujet, on fit des recherches anatomiques comparatives sur des cœurs des deux espèces. Ces recherches ont démontré que la construction des deux cœurs, (tant celle des valvules que celle de la musculature), est tellement identique, que les résultats obtenus pour les cœurs de bœuf doivent avoir la même force probante pour les cœurs d'homme. Il n'y avait au fond qu'une différence de quantité.*

* Dans les cœurs d'homme les parois internes des ventricules sont d'un tissu plus aréolaire que dans les cœurs de bœuf où elles sont plus lisses.

Pour pouvoir employer des cœurs de bœuf à ces recherches, il fallait d'abord attendre que la rigidité cadavérique eût cessé;* car dans cet état le cœur est tellement contracté que les mouvements périodiques ne peuvent y être apportés. Afin de faire cesser l'état de rigor mortis, on soumit le cœur à des manipulations semblables à celle du massage, et ensuite on le mit dans une solution d'acide borique (1/2 %), pour en empêcher la corruption et en même temps conserver l'intégrité des valvules. Après être resté un ou deux jours dans cette solution, le cœur est propre aux expériences; la musculature est tout à fait relâchée, mais cependant dans un état de conservation suffisante; les valvules sont intègres, et restent telles les trois ou quatre jours suivants.

A l'aide du cœur ainsi préparé, il s'agissait d'établir une circulation complète, c'est-à-dire une communication entre l'aorte et les veines caves d'un côté, et entre l'artère pulmonaire et les veines pulmonaires de l'autre, en ayant soin de rendre la communication transparente aux endroits où le courant passe au travers des valvules. A cet effet on lia l'une des veines caves, (en général la veine cave supérieure), pendant que l'on introduisit dans l'autre un conduit de cuivre nickelisé à l'intérieur, de 95 millimètres de longueur et 48 millimètres de diamètre. (Voir la fig. I.) Le conduit doit être introduit si profondément dans l'oreillette droite que l'ouverture inférieure (*a*) de ce conduit se trouve 7 millimètres environ au-dessus de l'orifice auriculo-ventriculaire. Pour que le remplissage et l'évacuation des oreillettes pussent avoir lieu avec facilité, on avait pratiqué dans la partie du conduit qui se trouvait engagée dans l'oreillette, tout autour de sa circonférence, à peu près 20 ouvertures (*b b*) de 5 à 7 millimètres de diamètre. L'ouverture supérieure (*c*) fut fermée par un verre plat à travers lequel on put observer la valvule tricuspide et les cordages tendineux

* On ne peut employer le cœur immédiatement après la mort, car la rigidité cadavérique survient promptement.

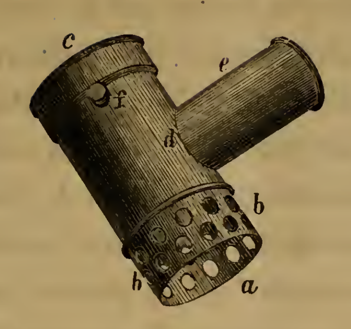


Figure I.

jusqu' à leur insertion aux muscles papillaires. Le conduit devant former une partie du cercle circulatoire, il avait été pratiqué, dans la partie qui se trouvait en dehors de l'oreillette, une ouverture latérale dans laquelle on avait introduit un conduit d'environ 3 cent. de diamètre. A l'aide d'un tuyau de caoutchouc d'un diamètre à peu près égal, on mit cette ouverture en communication avec un grand récipient *A*, (voir la planche I). Un conduit de construction analogue fut introduit dans l'oreillette gauche au travers des veines pulmonaires. Le conduit latéral y fut mis en communication avec un autre récipient *B** à l'aide d'un tuyau de caoutchouc (voir la planche I).

On fit de même passer dans l'artère pulmonaire et dans l'aorte des specula de forme analogue aux précédents, et n'en différant qu'en ce que la partie inférieure n'était pas garnie de trous, et que les ouvertures n'avaient que 42 millimètres de diamètre. L'ouverture inférieure de ces conduits se trouvait un peu plus haut que les attaches supérieures des valvules sigmoïdes. (Les valvules sigmoïdes et les parties les plus rapprochées des artères étaient alors faciles à examiner.) Les conduits latéraux furent mis également en communication avec les deux récipients à l'aide de tuyaux de caoutchouc, de manière que le tuyau communiquant avec l'aorte conduisît au récipient *A*, et que le tuyau communiquant avec l'artère pulmonaire

* Les 2 récipients étaient d'égale grandeur et contenaient à peu près 4 litres.

conduisît au récipient *B*. On obtint ainsi un système de conduits qui répond à la grande et à la petite circulation. Tous les conduits ainsi que le cœur furent remplis d'eau. Pour ce remplissage, il faut observer que l'air soit complètement évacué. A cet effet les specula étaient pourvus, à leurs ouvertures supérieures, de tuyaux très-courts garnis de capsules pouvant se visser et se dévisser facilement. Pendant le remplissage on dévisse les capsules, et l'air s'échappe par les ouvertures qui doivent être ensuite refermées.

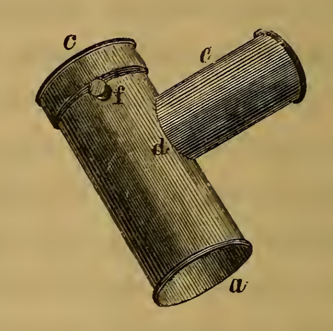


Figure II.

Il restait maintenant à produire une contraction périodique des deux moitiés du cœur en même temps, afin d'obtenir un courant continuel et le jeu des valvules.

L'appareil à employer à cet effet devait comprimer les deux ventricules de manière que la diminution fût semblable à celle qui a lieu dans des cœurs vivants. L'état des ventricules pendant la rigidité cadavérique servit de point de comparaison. Les expériences faites sur ce sujet seront communiquées dans la dernière partie de cet opuscule. Il faut cependant remarquer dès maintenant que les expériences ont prouvé qu'aucun des deux ventricules ne peut évacuer son contenu, même sous la plus forte contraction.

L'appareil dont il est parlé plus haut remplissait les conditions désirées en ce qu'il amenait la diminution et le changement des cavités d'une manière à peu près analogue à ce qui a été observé pendant l'état de rigor mortis. Au moyen

de cet appareil on peut allonger ou diminuer les intervalles et obtenir aussi une dilatation artificielle, ce qu'on n'avait cependant pas pratiqué jusqu'à présent. Par ce qui vient d'être dit, on peut se faire une idée de la manière dont l'appareil fonctionne; mais sa construction demande une plus longue explication accompagnée de dessins. Ces détails paraîtront plus tard dans un ouvrage qui traitera des bruits du cœur et de la circulation dans les poumons.

Du reste le lecteur pourra se faire une idée de l'ordre apporté aux essais en regardant la planche I qui est prise d'après une photographie de l'appareil pendant son fonctionnement: *a* est l'ouverture supérieure du conduit de l'artère pulmonaire, *b* celle de l'oreillette gauche, *c* celle de l'aorte et *d* celle de l'oreillette droite; *a′ b′ c′ d′* indiquent les conduits qui y correspondent avec leurs tuyaux de caoutchouc. *a′ b′* sont en communication avec le récipient *B* et *c′ d′* avec le récipient *A*. La pression exercée par l'eau dans le récipient *B* est un peu plus forte que dans le récipient *A*. On voit aussi que le tuyau de l'aorte se termine dans le récipient *A* un peu au-dessus du niveau de l'eau du récipient *B*. En suivant l'ordre ainsi indiqué, les valvules sigmoïdes seront fermées et les valvules auriculo-ventriculaires ouvertes. C'est la position qu'elles doivent avoir au commencement des opérations.

Si on laisse maintenant l'appareil agir à intervalles réguliers, par ex. 50 à 60 fois par minute, on peut observer directement une *circulation complète, le jeu des valvules et les pulsations*. La systole des ventricules est amenée par l'appareil lui-même, tandis que la diastole, tant des ventricules que des oreillettes, est amenée par le courant continuel; la systole de ces dernières est due à la diminution de la pression dans les ventricules pendant leur diastole. Comme les valvules peuvent être observées dans toute leur étendue et que la précision avec laquelle elles agissent est constante, on peut facilement entre-

prendre sans interruption des observations méthodiques. Les plus importantes d'entre elles sont communiquées dans le chapitre suivant.

II.

A. Des valvules. B. Des oreillettes et des ventricules.

A. Des valvules.

1. *Valvule tricuspide et valvule mitrale.* La valvule tricuspide et la valvule mitrale se ferment de la manière suivante: les parties centrales s'élèvent à peu près au niveau de leurs orifices, et les bords libres sont mis en contact en se repliant un peu vers le bas.

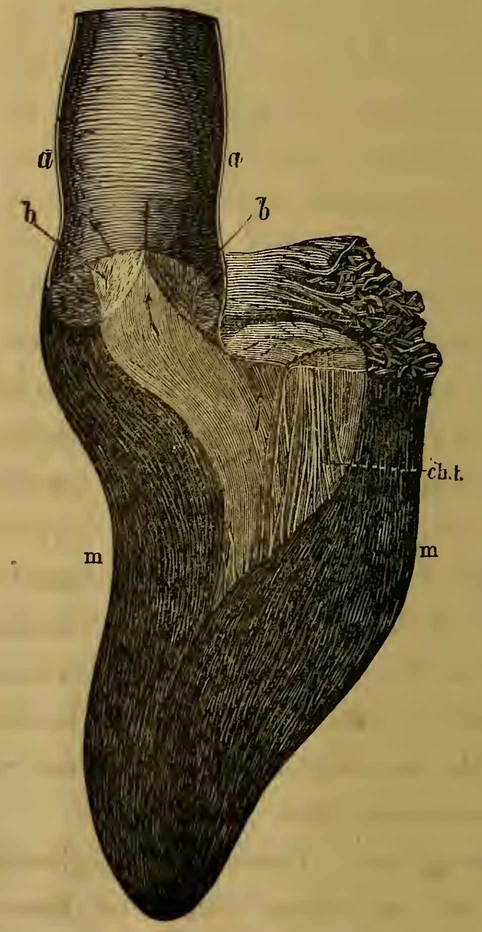


Figure III (grandeur réduite).

mm les parois ventriculaires contractées, *aa* l'aorte dilatée, *ch t* les cordages tendineux; *bb* deux valvules coupées.

Les bords des valves s'appliquant de la manière indiquée, la clôture se fait sur une plus grande étendue, et devient plus sûre encore par l'engrenage complet des bords; de sorte que les valvules, déja fortes par elles-mêmes, et empêchées par les cordages tendineux de se replier dans l'oreillette, peuvent résister à une forte pression. Les cordages tendineux restent, pendant la clôture des valvules, libres de tout contact avec les parois. (Voyez la fig. 3 qui est une coupe verticale du milieu du ventricule gauche et de l'aorte d'un cœur de bœuf.)

La fermeture des valvules, aussi bien que le mode dont elles se replient s'expliquent de la manière suivante: Au moment où commence la systole des ventricules, il se forme du sang contenu dans les cavités ventriculaires un courant remontant vers la base. La partie de ce courant qui est renfermée entre les faces internes (supérieures) des valvules auriculo-ventriculaires ne produit qu'une *faible pression* contre *ces faces*, parce que la résistance du côté de l'écoulement dans les oreillettes est *faible*; au contraire, le reste du sang (celui qui entoure les valvules) produit une *forte pression* sur les *faces extérieures* des valvules auriculo-ventriculaires, d'abord parce qu'il rencontre une grande résistance dans les artères, et ensuite parce qu'il trouve des obstacles à son écoulement dans les parties angulaires fermées au-dessus par la rencontre des valvules auriculo-ventriculaires et les parois des ventricules. Il en résulte que les valves sont poussées l'une contre l'autre et closent l'orifice. Comme la différence de pression se montre au moment même où le sang se met en mouvement vers la base, la clôture a lieu très-peu de temps *après* le commencement de la systole, et la quantité de sang qui est refoulée dans les oreillettes ne peut ainsi être que minime.

La clôture est donc, d'après cette explication, due uniquement au sang qui est refoulé contre les faces inférieures des valvules, tant que dure la contraction.

Si l'on considère:

1⁰ que les bords périphériques des valvules sont fixés immobiles aux orifices, pendant que les bords centraux sont mobiles autant que le permettent les cordages tendineux,

2⁰ que les surfaces sont si grandes qu'elles peuvent en partie se recouvrir,

3⁰ enfin que les cordages tendineux sont moins élastiques que les valvules elles-mêmes,

on pourra aussi comprendre facilement comment une forte pression du sang contre les faces inférieures (extérieures) des valvules peut produire la fermeture de ces valvules en repliant leurs bords vers le bas. Ces bords s'engrènent parce que les parties les plus minces et les plus souples entre les points d'insertion des cordages tendineux se plissent pendant la fermeture, tandis que ces points eux-mêmes, en raison de leur plus d'épaisseur et de dûreté, sont chassés en avant par le sang et forment des saillies. Le plissement des bords provient de ce que les parties centrales des valvules forment des anneaux lorsque les valvules sont ouvertes; mais étant pendant la clôture refoulées de tous côtés par le sang, elles sont obligées de se replier pour trouver place dans l'étendue moindre que leur offre la partie médiale des orifices correspondants.

2. *Valvules sigmoïdes:* Les valvules sigmoïdes ferment leur orifice en appliquant l'un à l'autre leurs bords ainsi qu'une partie (environ $^1/_6$) de leurs faces biconvexes (inférieures). Ce sont donc ici les faces inférieures qui se rencontrent, tandis que pour les valvules auriculo-ventriculaires ce sont les faces supérieures.

La résistance passive du sang* répandu tant sous les valvules auriculo-ventriculaires que sous les valvules sigmoïdes cesse au moment où commence la dilatation des ventricules, et la pression du sang contenu dans les oreillettes et les artères l'emporte. Il en résulte que le sang dans ces deux parties commence un mouvement descendant vers la pointe du cœur.

* Voyez page 27.

Ce mouvement, relativement aux oreillettes, se termine par le remplissage des ventricules, et relativement aux artères, par la clôture des valvules sigmoïdes.

Cette clôture peut s'expliquer de la manière suivante: la partie centrale du sang qui est au milieu des artères, au niveau des valvules sigmoïdes, ou, pour être plus explicite, le sang contenu dans l'espace formé par les faces intérieures (inférieures) des valvules ouvertes, s'échappe *sans obstacles* dans les ventricules, tandis que la partie périphérique est arrêtée dans son écoulement par la rencontre des surfaces extérieures (supérieures) des valvules sigmoïdes. (Ces dernières ont une forme analogue à celle d'un sac.) De là naît une différence dans la pression exercée sur les deux faces des valvules: la pression sur les faces intérieures (inférieures) peut être considérée comme presque nulle, tandis que la pression sur les faces extérieures est toujours plus grande.

Il résulte naturellement de cette inégalité de pressions que les bords libres des valvules sont amenés l'un contre l'autre et finissent par fermer les orifices. Cette explication fait voir que la fermeture des valvules sigmoïdes a lieu par suite d'un mouvement de recul du sang dans la partie inférieure des artères, et seulement *après* le commencement de la diastole des ventricules. Pour les mêmes raisons que pour les valvules auriculo-ventriculaires, il ne retournera également ici qu'une quantité minime de sang pendant l'accomplissement de la clôture.

La construction des valvules sigmoïdes prouve qu'elles ont une pression bien moindre à supporter que les valvules auriculo-ventriculaires. Les valvules sigmoïdes ont des parois très-minces, et les cordages tendineux leur manquent pour les empêcher de se replier dans les ventricules.

Pour se faire une idée de la force de la pression exercée sur les valvules au moment de la clôture, par conséquent au moment où leur solidité est le plus mise à l'épreuve, il est nécessaire de se rappeler que la tension des artères, tant dans le

sens longitudinal que transversal, à la fin de la systole, ne représente qu'une partie de la force avec laquelle les ventricules se contractent, et que cette partie seule peut être de quelque importance dans la production des pressions sur les valvules fermées. Si maintenant on se souvient qu'au moment où les parois étendues des artères commencent à se contracter, cette partie de force se subdivise pour agir en deux directions, l'une périphérique* et l'autre centrale, et que ce n'est que la partie de force agissant dans la direction centrale qui produit la pression qu'ont à supporter les valvules, on comprendra aussi facilement que cette pression doit être beaucoup moindre que celle que pourrait exercer la force principale. Les valvules sigmoïdes n'ont donc pas besoin d'une si forte construction que les valvules auriculo-ventriculaires, ni de l'aide de cordages tendineux pour être empêchées de se replier vers les ventricules.

La figure IV sert à démontrer d'une manière schématique la pression exercée contre ces valvules au moment où a lieu la clôture; cette figure est une coupe verticale du milieu du ventricule gauche et de l'aorte (en proportion réduite comme la figure III).

Ce qui vient d'être exposé sur la clôture des valvules est en opposition presque complète avec ce qu'avance M. le Docteur Ceradini**, qui suppose que les valvules se ferment même *avant* le commencement de la diastole ventriculaire, et que par cette raison le courant sanguin est empêché de retourner dans les ventricules.

Ceradini tire la preuve théorique de son assertion tant des expériences faites sur les pompes aspirantes et foulantes que de la loi du mouvement des liquides dans des conduits dont

* Le pression périphérique sert à maintenir le courant continuel du sang.

** Dr. J. Ceradini: «Der Mechanismus der halbmondförmigen Herzklappen. Leipzig 1872» P. 53—64.

les parois ne sont pas élastiques. Il s'autorise pour appliquer ces lois aux courants sanguins dans l'organisme, d'expériences

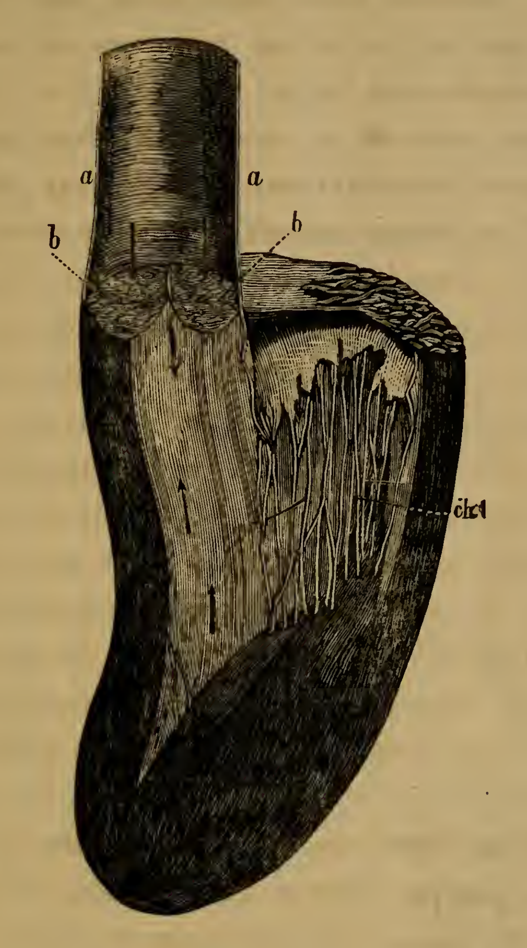


Figure IV.

aa des parois artérielles fortement contractées (Cfr. Fig. III);
bb deux valvules coupées.

faites sur une artère pulmonaire détachée, qui, au moyen d'un tube de verre, était mise en communication avec un appareil aspirant et foulant. (Cfr. L. c. pag. 38—41 et 56—29 ainsi que la fig. I de la planche qui y est jointe.)

Sans s'arrêter à ce fait que les lois hydrauliques qui servent de base à l'assertion de Ceradini ne sont pas irrécusables, l'ordonnance des expériences s'éloigne tellement des conditions présentées dans l'organisme, que les conclusions des

unes ne peuvent s'appliquer à l'autre; c'est là cependant ce qu'a fait Ceradini.

Comme l'exposé de Ceradini a eu bon nombre d'adhérents parmi les physiologistes et les médecins, il est nécessaire d'entrer ici dans de plus amples détails.

Par analogie avec ce qui, d'après Ceradini, a toujours lieu dans les liquides (mis en mouvement par un piston dans un tube), le courant avançant du sang dans l'aorte et l'artère pulmonaire devrait, dans l'espace de temps qui s'écoule entre la fin de la systole et le commencement de la diastole, se diviser en deux parties: une partie axiale qui continue son cours, et une partie périphérique qui retourne en arrière. Suivant le même auteur, cette dernière partie seule servirait à fermer les valvules avant le commencement de la diastole (l. c. pag. 53—54). L'influence que le courant axial peut avoir sur la clôture n'est pas mentionnée. On est donc autorisé à admettre que le point de départ de l'opinion de Ceradini est que le sang, à la fin de la systole, aurait dépassé les bords libres (supérieurs) des valvules sigmoïdes, et que de la sorte la partie axiale du courant serait hors d'état d'agir sur les valvules, pendant que la partie périphérique serait restée tellement en arrière qu'elle pourrait atteindre les surfaces concaves des valvules, et les fermer en longeant les parois et le fond des sinus de l'aorte. Telle doit avoir été l'opinion de Ceradini, puisqu'il dit, page 54, que la clôture des valvules se fait d'une manière analogue, même dans le cas où il pourrait rester, vers la fin de la systole, un peu de sang sous les valvules sigmoïdes. Ceradini eût à peine mentionné cette possibilité, si, comme il est dit plus haut, il ne fût parti de cette supposition, que tout le sang aurait dépassé les valvules à la fin de la systole.

Même en admettant cette supposition, qui, du reste, n'est qu'une pure hypothèse tout à fait invraisemblable, l'explication donnée de la clôture des valvules est au moins insuffisante; par exemple, il n'est nullement tenu compte des parties du

courant périphérique (rétrograde) qui, en même temps que d'autres parties du même courant descendent dans les sinus de l'aorte, doivent nécessairement s'introduire dans l'espace triangulaire existant entre les bords libres supérieurs des valvules, lorsqu'elles sont entièrement ouvertes, et par là former un obstacle à la clôture. La force de pression nécessaire pour amener la clôture des valvules n'est également pas mentionnée; et, en admettant la supposition de Ceradini, on doit aisément concevoir que la pression du courant rétrograde ne peut être forte. Il est aussi peu probable qu'il ne puisse y avoir en pareil cas aucune régurgitation, car la partie périphérique du courant qui descend entre les valvules ne peut trouver place que dans un espace situé au-dessous d'elles.

Ceradini prétend aussi que le même procédé de clôture a lieu pour le cas où il resterait du sang sous les valvules sigmoïdes à la fin de la systole; mais cette assertion est si peu recevable qu'on peut à peine la soutenir. Même dans ce cas, au moment où la systole cesse, il se formera également, d'après lui, dans le sang resté sous les valvules, un courant axial allant en avant et un courant périphérique rétrograde. (Voir page 54.) Il admet bien que le courant axial agisse contre la clôture, mais il attribue plus d'importance aux courants périphériques de dessus et de dessous qui, d'après lui, doivent pousser les valvules vers le bas jusqu'à ce qu'elles se ferment. Mais d'un autre côté Ceradini prétend (page 52) que, par le mouvement des fluides dans un tube, il se forme un courant central plus rapide et un courant périphérique plus lent, et que ces courants, à cause de la force d'inertie, continuent leur cours un certain temps après que la force motrice a cessé d'agir. Comme il ajoute encore (page 53) qu'au moment où la force motrice cesse, le courant se divise en une partie axiale qui continue son cours, et une partie périphérique qui retourne, on est autorisé à conclure que le courant axial n'est autre que le courant central déja mentionné, et que le courant retournant n'est, en

grande partie, autre que le courant périphérique devenu rétrograde pour remplir le vide produit par la plus grande rapidité du courant central; mais alors il faut reconnaître aussi que c'est la direction du courant axial qui détermine la position des valvules. Comme ce courant se dirige vers le haut, les faces inférieures (internes) des valvules sigmoïdes doivent être séparées l'une de l'autre et les valvules rester ouvertes. Si donc il se trouve, à la fin de la systole, du sang sous les valvules sigmoïdes, et qu'il se forme dans ce sang un courant axial et un courant périphérique, les valvules devront, précisément par ces raisons, rester ouvertes au moins jusqu'au commencement de la diastole.

3. *α*. *Ouverture des valvules sigmoïdes.* Les valvules sigmoïdes s'ouvrent au commencement de la systole. On peut observer à ce moment que leurs faces passent d'une forme convexe à une forme un peu plus plane. Mais lorsqu'elles s'ouvrent plus largement, leurs faces perdent leur apparence unie et prennent comme de légers plis dans le sens de la longueur. Il n'a été possible dans aucune expérience de mettre, même par une pression forcée, les faces supérieures (biconcaves) des valvules en contact avec les parois des sinus de l'aorte;* il a même été impossible d'amener les bords supérieurs des valvules à s'appliquer entièrement aux parois artérielles; il est bien arrivé qu'une petite partie des bords d'une seule valvule a pu atteindre la paroi, mais toujours d'une manière incomplète.

Les observations démontrent aussi que l'ouverture des valvules se fait graduellement. Ce mode d'ouverture est dû à ce que les valvules closes ne sont pas perpendiculaires aux axes des artères; les faces biconvexes (inférieures), dont il s'agit ici,

* Il est évident que les faces supérieures des valvules sigmoïdes deviendraient biconvexes, si elles devaient s'appliquer aux parois biconcaves des sinus de l'aorte; mais un tel contact est a priori peu probable.

ont une direction oblique, de telle sorte que la colonne du sang qui, à la fin de la diastole, se trouve sous les valvules sigmoïdes, s'introduit au commencement de la systole entre les bords libres de ces valvules sous la forme d'un coin triangulaire aux bords creux *a*, *b*, *c*, répondant aux faces inférieures biconvexes des valvules sigmoïdes. (Voir Planche IV, fig. 3).

Lorsque les valvules sont complètement ouvertes, la pression exercée sur leurs faces extérieures, aussi bien que sur leurs faces intérieures peut être considérable; mais comme ces deux faces ne sont séparées l'une de l'autre que par une très-mince cloison, et qu'en outre le sang dont elles sont entourées exerce une pression égale sur les points correspondants de leurs faces, il s'ensuit que les valvules sigmoïdes n'ont en réalité à supporter dans cette position qu'une compression de leur substance, et ainsi n'ont besoin que d'une texture d'une force suffisante pour résister à cette pression.

β. Rapport des valvules de l'aorte avec les artères coronaires. Les expériences ont montré que le pouls dans les deux artères coronaires bat en même temps que dans l'aorte; il est donc évident que ces artères ne se remplissent pas pendant la diastole. Cependant il n'est pas sans intérêt de mentionner ici le rapport existant entre les valvules de l'aorte et les artères coronaires.

Dans les cœurs de bœuf l'artère coronaire droite (postérieure) pourrait être recouverte de la valvule correspondante, si le bord de cette valvule se rejetait complètement contre la paroi, tandis que les observations prouvent qu'il n'en peut être ainsi de l'artère coronaire gauche (antérieure). * Cette dernière, qui sort près du côté droit du sinus gauche de l'aorte, se trouve en général avec au moins un tiers de sa périphérie au-dessus des plus hauts points d'attache de la valvule corres-

* Dans les cœurs d'homme les rapports anatomiques se sont montrés le plus souvent analogues.

pondante. L'artère coronaire droite (postérieure) au contraire sort du milieu du sinus droit de l'aorte, et se trouve plus bas que les attaches supérieures de la valvule correspondante. D'après ce qui vient d'être dit, on pourrait peut-être croire qu'au moins l'artère coronaire pouvait être complètement recouverte de sa valvule pendant la systole, et par suite se remplir pendant la diastole. Une semblable occlusion n'a cependant pas lieu. Outre que le pouls est isochrone dans les deux artères et l'aorte, les observations ont déja prouvé que les valvules ne peuvent jamais être rejetées complètement contre la paroi.*

B. *Des oreillettes et des ventricules.*

1. *Des oreillettes.* Pour que les oreillettes puissent facilement recevoir le sang qui les envahit pendant la systole ventriculorum, il faut que leurs parois possèdent un haut degré d'extensibilité. Pendant les expériences on a pu acquérir une sécurité absolue à cet égard; on a surtout vu très-clairement que les appendices nommés auricules s'emplissaient par degrés pendant la systole ventriculorum et augmentaient considérablement de volume. On a observé, par exemple, que les oreillettes d'un cœur de bœuf volumineux pouvaient, sans se rompre et sans perdre leur élasticité, se remplir de 90 à 100 cent. cubes d'eau pendant qu'une même quantité était chassée par la systole des ventricules. Le remplissage ne pouvait cependant avoir lieu que sous une moindre pression, car les auricules se

* Les valvules sigmoïdes de l'aorte et de l'artère pulmonaire diffèrent les unes des autres par leur insertion. La valvule droite de l'aorte est fixée non-seulement à la paroi artérielle, mais aussi par sa face inférieure à une saillie musculaire assez marquée. Des deux autres valvules, seule la valvule droite montre une insertion analogue dans sa moitié droite, pendant que l'autre moitié et la valvule antérieure (gauche) sont fixées directement à la paroi. Toutes les valvules de l'artère pulmonaire montrent au contraire les mêmes rapports que la valvule droite de l'aorte, mais les saillies musculaires sont moins prononcées. On n'est pas encore d'accord sur l'importance physiologique de ces saillies.

rompaient facilement lorsque la pression des récipients était augmentée.

Au commencement de la diastole ventriculorum les cavités des oreillettes diminuent par suite de l'échappement du sang dans les ventricules.

2. *Des ventricules.*

α. Diminution des cavités ventriculaires. Par suite de la contraction des ventricules, leurs cavités deviennent moindres et le sang est chassé dans les artères. Plusieurs physiologistes ont essayé de prouver que la quantité du sang qui s'échappe pendant la systole des ventricules répond exactement à la quantité que les ventricules sont en état de contenir; en d'autres termes que les ventricules vident complètement leur contenu pendant la systole. Mais on doit se rappeler d'un côté que les calculs faits sur les quantités du sang renvoyé pendant chaque systole s'appuient sur des expériences faites sur des animaux vivants, par conséquent là où il peut se présenter différentes complications. D'un autre côté, le calcul de la quantité de sang que peuvent renfermer les ventricules s'appuie sur le mesurage de ces cavités, pris à l'état d'affaissement après la mort. Il est donc évident qu'il y a là de si grandes sources de méprises, que l'on ne peut tirer des conclusions probantes.

On est par conséquent autorisé à dire que personne jusqu'à présent n'a répondu d'une manière satisfaisante à cette question: *Les ventricules peuvent-ils, oui ou non, se vider complètement pendant la systole?*

A priori il n'est pas probable que les ventricules soient en état de vider complètement leur contenu; ceci ressort des considérations suivantes. Pour suivre avec plus de facilité, le lecteur doit se reporter à la planche II, fig. 1, qui reproduit une section transversale d'un cœur de bœuf prise à la limite des oreillettes et des ventricules et de grandeur naturelle. *a* est l'orifice auriculo-ventriculaire gauche, *b* l'orifice aortique,

c la valve droite de la valvule bicuspide, *d* l'orifice auriculo-ventriculaire droit, *e* l'orifice de l'artère pulmonaire, *f* la substance musculaire, *g* la couche de graisse. Il est admis ordinairement que la base du cœur, à la région du sulcus transversus, ne peut se contracter pendant la systole, et cette opinion trouve son appui dans les rapports anatomiques. Les orifices auriculo-ventriculaires sont, comme on le sait, entourés d'anneaux fibro-cartilagineux et la musculature recouverte d'une couche de graisse (*g*) assez épaisse. (Voir Planche II fig. 1.) Si on se rappelle maintenant que, pendant la systole, les oreillettes sont remplies de sang, et que les orifices artériels sont même fortement dilatés par la pression du sang, on est pleinement fondé à croire que cette partie ne subit pas de changements considérables. Si les cavités des ventricules devaient disparaître *complètement* pendant la systole, cela ne pourrait, la base étant immobile, avoir lieu que de deux manières: ou bien la musculature, *juste au-dessous* du sulcus transversus, devrait se contracter si fortement que les faces internes des parois ventriculaires fussent en partie relevées contre les orifices de manière à les couvrir entièrement, et en partie mises en contact complet avec le septum; ou bien la pointe du cœur serait relevée si fortement contre la base que les parois des ventricules fussent amenées à couvrir tous les orifices.

Dans le *premier* cas, le cœur, à la fin de la systole, ressemble à la fig. 2, planche II. Cette figure représente une section combinée d'un cœur de bœuf de grandeur naturelle; *f*, *g* la section transversale de la base jusqu'à son milieu; *h*, *g* la section verticale de la pointe vers la base, correspondant avec la section précédente; *i k* montrent les régions comprimées; *m*, *n*, *o*, *p* les faces internes des parois extérieures, dont les unes *m*, *n* couvrent les orifices, et les autres *o*, *p* sont en contact avec le septum *S*. La ligature est faite au moyen d'un ruban noué solidement autour du cœur, un pouce à peu près au-dessous de la base.

Dans le *second* cas, le cœur sera non-seulement raccourci fortement de l'appex à la base et élargi d'un côté à l'autre, mais encore rejeté avec sa pointe vers l'un des côtés.*

Si on considère la forme des cœurs pendant la systole, il sera facile de se convaincre que de semblables changements de formes n'auront *jamais* lieu. La substance musculaire ne se contracte donc pas des deux manières indiquées et les ventricules ne peuvent vraisemblablement pas vider tout leur contenu.

Afin d'obtenir des renseignements précis à cet égard, on a examiné l'amoindrissement des cavités pendant l'état de rigor mortis. Lorsque cet état est très-prononcé, toute la musculature se trouve si fortement contractée que, suivant toute probabilité, les cavités sont beaucoup moindres que pendant la systole ordinaire. On devait donc s'attendre à pouvoir y trouver les ventricules complètement fermés, si toutefois ils sont en état de vider leur contenu; mais les observations ont prouvé qu'une occlusion semblable ne peut avoir lieu.

Dans les expériences faites à cet effet, des cœurs de bœuf nouvellement détachés furent conservés jusqu'à ce que la rigidité cadavérique eût atteint son maximum; alors, sans employer aucune pression, on y fit des injections par les oreillettes et on mit ces cœurs dans un mélange de neige et de chlorure de sodium (à peu près — 17 ° C.) pour que leur forme put être conservée et la masse injectée se geler. Après être restés en général douze heures dans ce mélange, les cœurs étaient si complètement gelés que l'on pouvait les couper par tranches à l'aide d'un bon couteau d'une lame très-mince. Toutes les

* On peut s'imaginer différentes modifications de ces deux cas: par exemple que la contraction n'ait pas lieu également sur toute la circonférence du cœur, mais que les parois soient mises en contact l'une avec l'autre sur deux ou plusieurs endroits. Mais de quelque manière que l'on se représente ces modifications, on obtient des formes qui ne répondent pas à la réalité.

expériences ont constamment démontré qu'il reste toujours un espace vide tant dans le ventricule gauche que dans le droit, même dans le cas où la rigidité cadavérique est le plus prononcée.

Pour se représenter clairement la manière dont a lieu la diminution des cavités, on peut se reporter aux dessins des planches III et IV qui représentent un cœur gelé, injecté et coupé transversalement à huit différentes hauteurs des ventricules. *A* représente un cœur de bœuf aux $^2/_3$ de sa grandeur naturelle, dans un état complet de rigor mortis. *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h* (planche III et IV) représentent les huit sections transversales. Les sections *a*, *b*, *c* vont seulement au travers du ventricule gauche; la section *a* montre une occlusion complète, la section *b* présente au milieu une ouverture ronde de la grosseur d'une tête d'épingle, et la section *c* une ouverture plus ovale et au moins deux fois plus grande. Dans les sections transversales *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, où le *v* désigne l'espace du ventricule *gauche* qui reste ouvert, on voit cet espace augmenter vers le haut de manière à former un cône (peu régulier) dont la pointe est en bas, (planche IV, fig. 1) et qui rend exactement, aux $^2/_3$ de sa grandeur naturelle, la forme de la masse injectée dans la cavité du ventricule gauche. Le ventricule *droit* ne se ferme pas non plus entièrement. Par les sections transversales *d*, *e*, *f*, *g*, *h* on peut voir que les espaces ouverts (*k*) augmentent aussi d'une manière assez égale, et présentent dans toutes leurs sections l'apparence d'une demi-lune. Par suite l'espace vide est plus étroit, mais s'étend plus que celui du ventricule gauche.*) La fig. 2 planche IV rend exactement, aux $^2/_3$ de sa grandeur naturelle, la forme de la masse injectée dans la cavité du ventricule droit.

* On voit que la cavité vêntriculaire droite contient aussi bien que la gauche, à sa partie supérieure, des cordages tendineux libres de tout contact avec les parois (Voir ch. t. dans les sections transversales *e*, *f*, *g*.)

Par ce qui vient d'être dit, il doit être suffisamment prouvé que les cavités ne peuvent pas se fermer, puisque, même dans l'état le plus prononcé de rigidité cadavérique, il reste toujours un espace assez grand. Du reste il est facile, même sans expériences, de se convaincre de la vérité de cette assertion en introduisant, pendant cet état de rigor mortis, un ou deux doigts dans les cavités à travers l'orifice auriculo-ventriculaire; on trouvera toujours un espace vide.

Les ventricules ne peuvent donc pas se vider, et par conséquent il y reste toujours à la fin de la systole *une quantité* de sang qui n'est *pas insignifiante.*

Maintenant on peut se demander si les expériences faites autorisent à tirer une conclusion absolue sur le degré d'amoindrissement des cavités pendant la systole. Pour le moment il suffit de répondre que, suivant toute probabilité, les espaces qui restent sont plus grands au lieu d'être plus petits.

Les sections transversales donnent, en particulier dans la partie inférieure, une idée claire de la manière dont la musculature des deux ventricules se contracte; à la lettre *a*, où la fermeture est complète, on voit les plis des parois internes du ventricule gauche; aux sections transversales supérieures, des plis semblables sortent, en forme de rayons, des coins des espaces ouverts. La diminution des cavités ventriculaires pendant la contraction a donc lieu par un plissement des parois internes, tant aux endroits où ces parois sont mises tout à fait en contact l'une avec l'autre qu'à ceux où il reste entre elles un espace ouvert.

β. Fonction des muscles papillaires. Quelques physiologistes ont émis l'opinion que les muscles papillaires en particulier contribuaient à la fermeture des valvules auriculo-ventriculaires; ils se sont appuyés essentiellement sur le fait, qu'un seul et même muscle papillaire fournit aux parties adjacentes de deux valves des cordages tendineux. Mais il est au moins peu probable que cette fermeture puisse être produite exclusi-

vement par les muscles papillaires, parce qu'ils ne fournissent pas de cordes tendineuses aux valvules dans toute leur circonférence; un bon nombre de ces dernières, en particulier dans le cœur droit, sortent directement de la substance même du cœur.

D'autres physiologistes ont prétendu que les muscles papillaires doivent, par leur contraction, non-seulement favoriser la fermeture des valvules, mais aussi les tirer tellement vers la pointe du coeur, que les oreillettes s'allongent au détriment des ventricules; les valvules devraient donc par conséquent être dirigées vers le centre en même temps que portées vers la base et vers la pointe du cœur; mais ce triple mouvement n'est guère admissible.

Pour apporter maintenant plus de clarté à ces suppositions, on doit se rappeler que les muscles papillaires, dans leur plus grande partie, sont si intimement unis à la musculature qu'ils en forment une portion intégrante,* tandis que leur moindre partie seule reste libre. Voir la planche V. fig. 1 et 2, qui donne la section d'un cœur de bœuf à travers le cœur droit et le cœur gauche. *a a* sont les parties libres des muscles papillaires coupés, *b b* les parties intégrantes des mêmes muscles.

De cette conformation sortent deux effets différents, qui doivent être étudiés séparément.

La première partie est, par sa liaison à la musculature, subordonnée en tout et pour tout aux mouvements des ventricules; et la question de savoir si elle peut oui ou non tirer les valvules en bas dépend complètement de son rapprochement ou de son éloignement des orifices auriculo-ventriculaires pendant la contraction des ventricules. Si cette partie s'éloignait des orifices, elle pourrait peut-être contribuer à tirer les

* Dans les cœurs d'homme la partie des muscles papillaires désignée comme intégrante se montre plus libre, mais cependant si intimement liée à la musculature par des trabécules musculaires qui s'y attachent de tous côtés, que leur division en deux parties peut également se justifier.

valvules en bas, mais cela ne peut nullement avoir lieu dans le cas contraire. De ces deux alternatives il est plus que probable que la dernière seule soit juste, c'est-à-dire que la partie intégrante de la musculature se rapproche des orifices, et ne peut pas par conséquent tirer les valvules vers la pointe. Il en est autrement de l'influence que peut exercer la partie libre des muscles papillaires, car pendant la contraction il s'y produit un mouvement indépendant qui l'éloigne des orifices auriculo-ventriculaires. Par cette raison on pourrait être amené à supposer que les valvules sont tirées vers la pointe du cœur; mais avant d'arriver à une telle conclusion, il faut se rappeler que l'influence de cette partie ne peut être considérée isolément, mais seulement par rapport à celle de la partie intégrante de la musculature; et puisque cette dernière se soulève pendant la contraction contre l'orifice auriculo-ventriculaire et entraîne avec elle la partie libre, il est évident que c'est la résultante de ces deux influences contraires qui décidera si les valvules sont tirées vers la pointe ou ne le sont pas.

Pour trouver cette résultante, on examina des cœurs dans l'état très-prononcé de rigor mortis. Cet état fut spécialement choisi parce qu'il est à supposer que toute la musculature, y compris les muscles papillaires, y est contractée à peu près proportionnellement, et doit par conséquent offrir une base plus sûre aux recherches.

Le résultat constant d'une trentaine d'expériences qui furent faites a été que les valvules sont non-seulement entièrement ouvertes, mais encore tirées fortement vers la pointe.* La résultante de la contraction des deux parties des muscles papillaires donnait donc une direction vers la pointe du cœur;

* Les tirage des valvules vers la pointe peut aussi être dû en partie à la contraction du tissu des valvules et des cordages tendineux, car d'après des observations il semble s'y produire des phénomènes analogues à ceux qu'on rencontre dans les muscles pendant l'état de rigor mortis.

mais par là il est aussi prouvé que ces muscles ne peuvent jamais contribuer à la fermeture des valvules. Si par suite des résultats obtenus, on arrivait à conclure que la fonction des muscles papillaires consiste à tirer les valvules vers la pointe du cœur, cette conclusion serait trop précipitée; car ce n'est pas pendant l'état de rigor mortis, mais pendant la systole, que cette fonction peut être déterminée.

D'après des expériences faites par Chauveau, Faivre et plusieurs autres sur des animaux vivants, il a été prouvé que les valvules, loin d'être tirées vers la pointe, étaient au contraire relevées vers la base du cœur.

La résultante de la contraction des muscles papillaires donnait donc ici une direction tout à fait contraire à celle obtenue pendant l'état de rigor mortis.

Ce désaccord trouve cependant facilement son explication, lorsqu'on se rappelle que, pendant la systole, il se produit un *moment*, qui n'existe pas pendant l'état de rigor mortis, à savoir: la pression du sang. Quand donc les résultantes dans ces deux états du cœur vont en sens contraire, cela prouve seulement que la pression du sang est si forte dans la direction de la base, que le tirage exercé vers la pointe par les muscles papillaires devient insignifiant; mais en même temps, il est également prouvé que les muscles papillaires ne peuvent jamais tirer les valvules vers la pointe du cœur.

Les deux assertions avancées par les physiologistes que

1⁰. les muscles papillaires contribueraient à la fermeture des valvules, et

2⁰. qu'en outre ils les tireraient vers la pointe du cœur

ne sont donc pas justes.

Si l'on considère d'abord le soin tout particulier avec lequel se fait la fermeture des valvules auriculo-ventriculaires (cfr. page 12) et ensuite les propriétés de parfaite élasticité dont les valves et les cordages tendineux sont doués, en d'autres termes de quelle importance il a été ici de produire une

fermeture solide en même temps qu'élastique, il est presque admissible que les parties libres des muscles papillaires soient ajoutées aux autres parties du mécanisme de la fermeture pour y apporter une *augmentation d'élasticité* en même temps qu'une *faculté régulative.*

L'importance de semblables propriétés dans les organes de la fermeture ressort des considérations suivantes: (Voir la fig. 3 de la planche V qui est une section verticale prise à travers le ventricule droit et les oreillettes d'un cœur de bœuf de grosseur naturelle.) *r s* désignent une ligne tirée à travers l'orifice auriculo-ventriculaire, *k k* l'anneau cartilagineux, *v v* les valvules, *l l* les bords repliés des valvules, *r m* et *n s* les limites entre lesquelles une fermeture complète est supposée avoir lieu, *c c* des cordages tendineux, *p p* les parties libres des muscles papillaires, *B B* la base de ces parties, et *S* le septum des ventricules.

Comme la contraction du cœur se fait à différents degrés de force, et que les anneaux *k k*, où s'attachent les parties périphériques des valvules, sont à considérer comme immobiles, les bases *B B* se rapprocheraient pendant la systole plus ou moins des orifices; mais il en résulterait alors que si les parties libres *p p*, les cordages tendineux *c c* et les valvules *v v* étaient raides, ou ce qui dans ce cas est le même, étaient sans élasticité et par conséquent conservaient toujours la même longueur, les bords *l l* arriveraient à être portés tantôt en dessus, tantôt en dessous de la ligne *r s*.

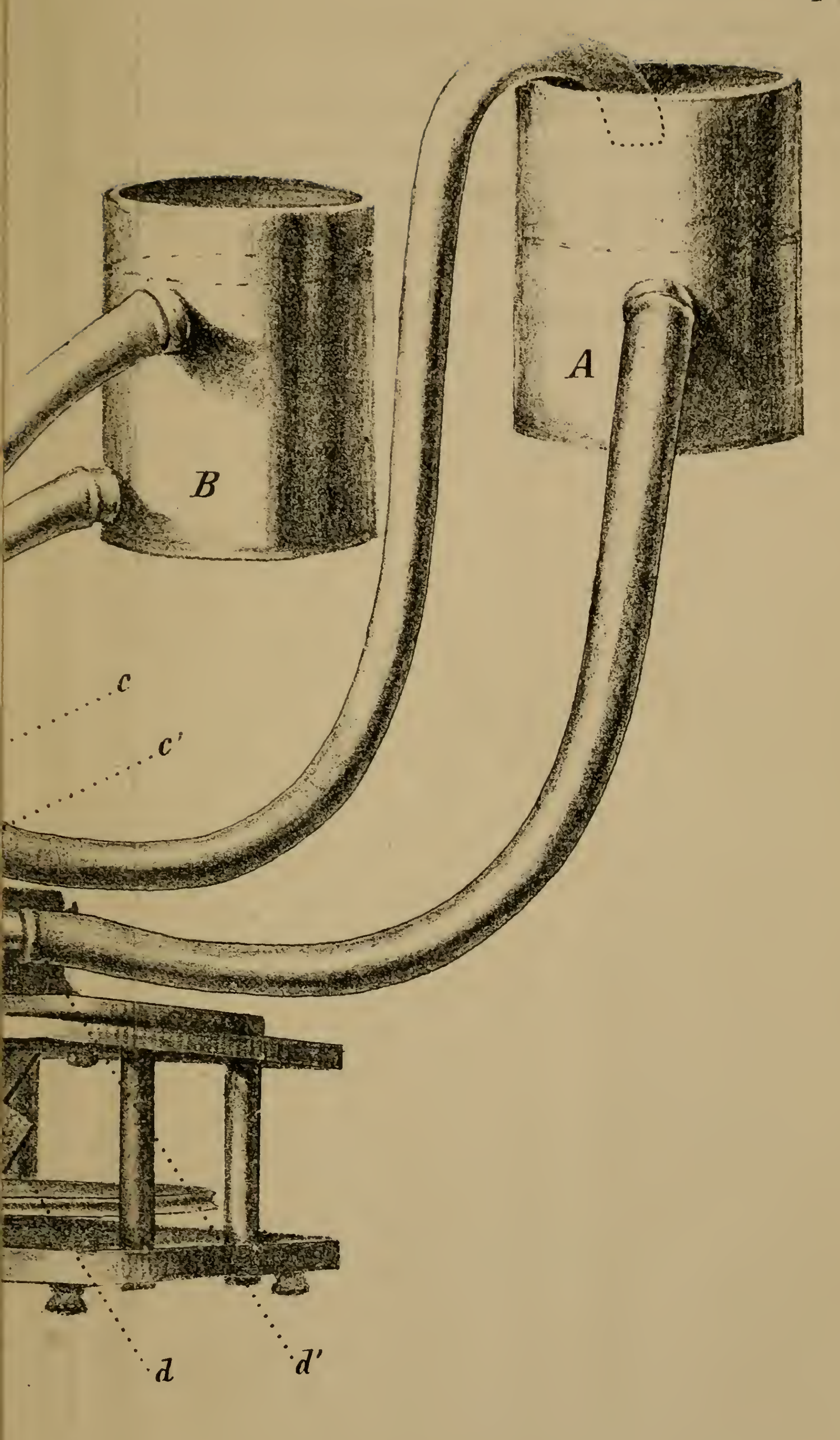
Si maintenant les bords *l l* se trouvaient en dehors des limites *m x* et *n y*, ou bien que chaque *l* se trouvât de chaque côté de la ligne *r s*, ce qui pourrait se présenter pendant des contractions irrégulières du cœur, une fermeture imparfaite pourrait facilement avoir lieu.

Le placement à peu près exact des bords *l l* dans la ligne *r s* est donc d'une extrême importance; mais pour qu'il puisse avoir lieu d'une manière convenable, l'élasticité et la contrac-

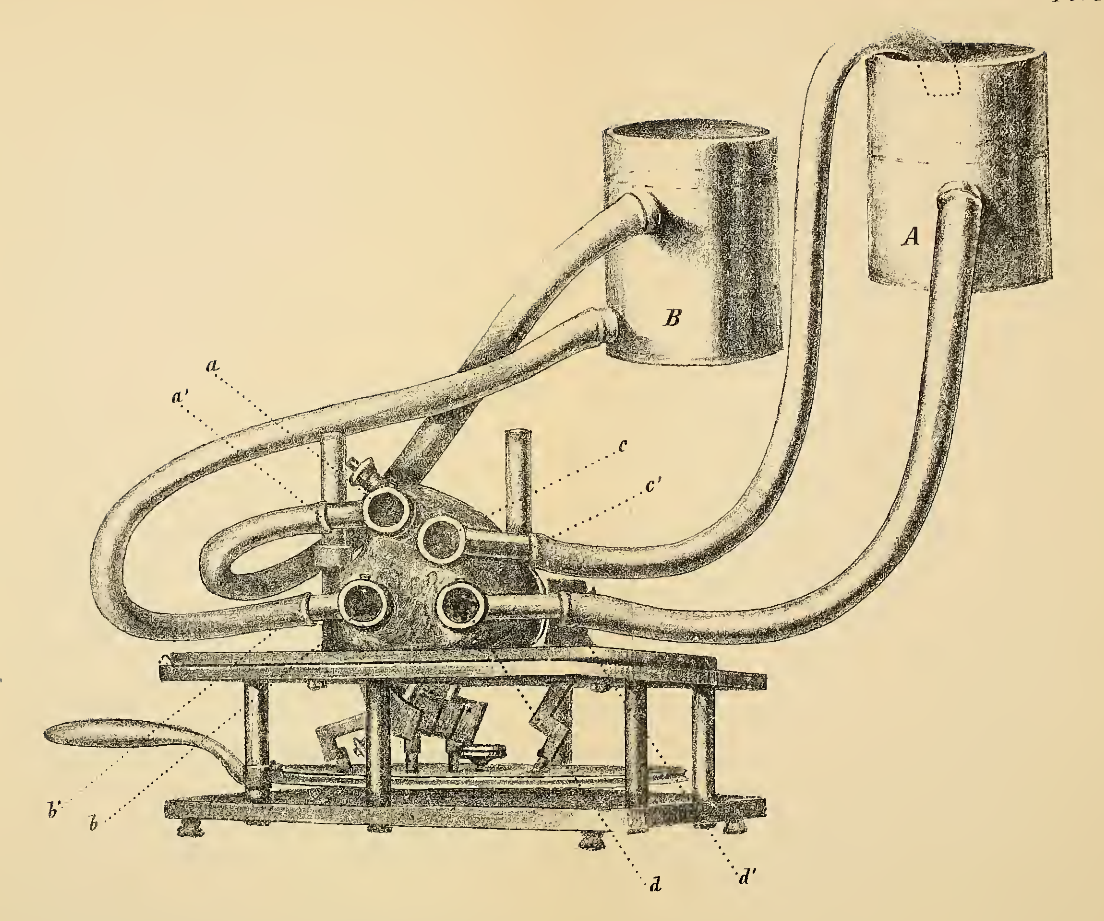
tilité, c'est-à-dire les éléments musculaires semblent être indispensables dans les organes de la fermeture.

L'élasticité égalisera les différences moindres de la pression et rendra la fermeture des valvules plus parfaite, tandis que les éléments musculaires, par leur faculté de se contracter plus ou moins fortement, serviront particulièrement au juste placement des bords *l l*.

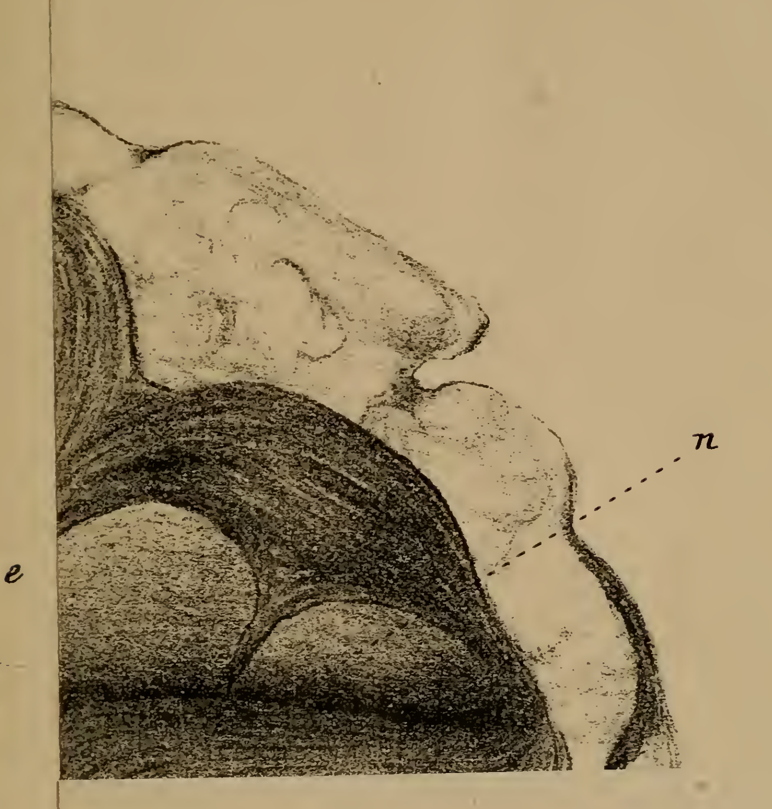
Les muscles papillaires ont donc une fonction d'accommodement qui est exercée par leurs parties libres.


A
B
c
c'
d
d'

Pl. I.

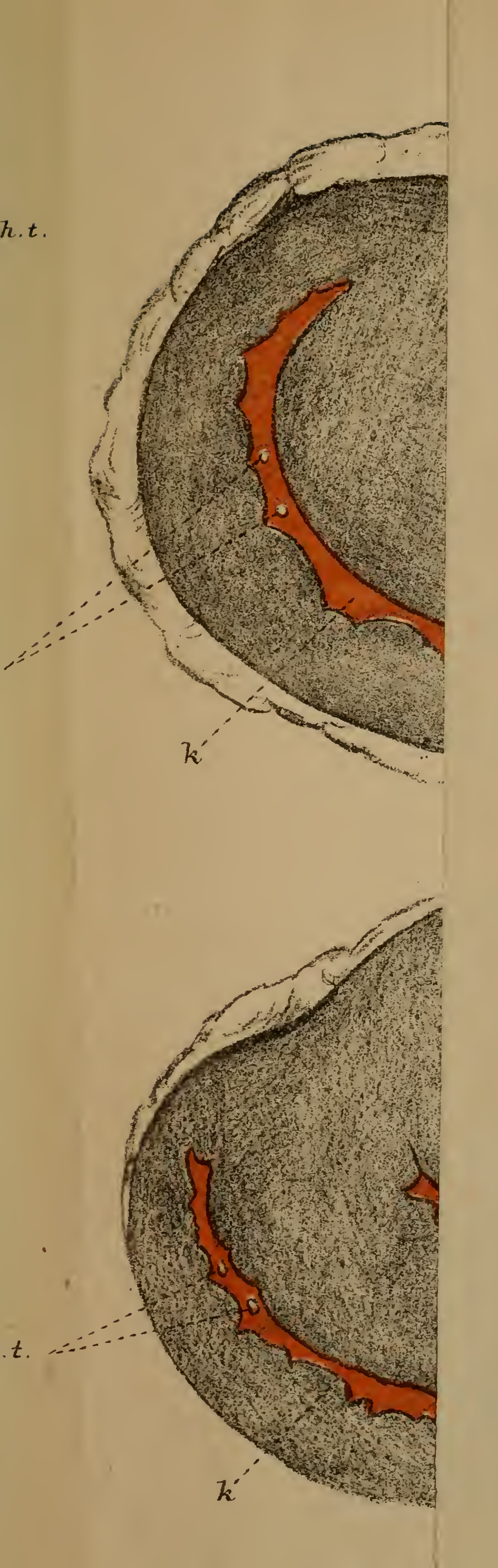


Pl. II.



Pl. II.




h.t.
k
.t.
k

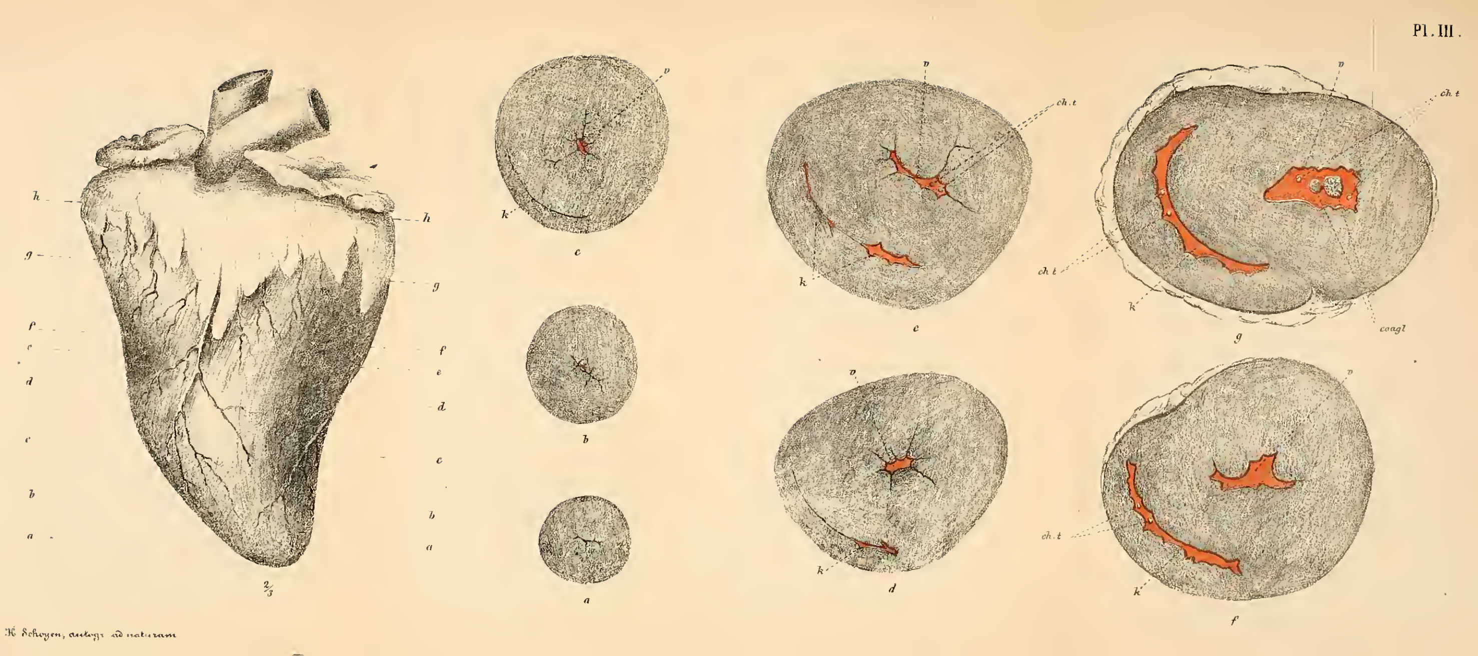
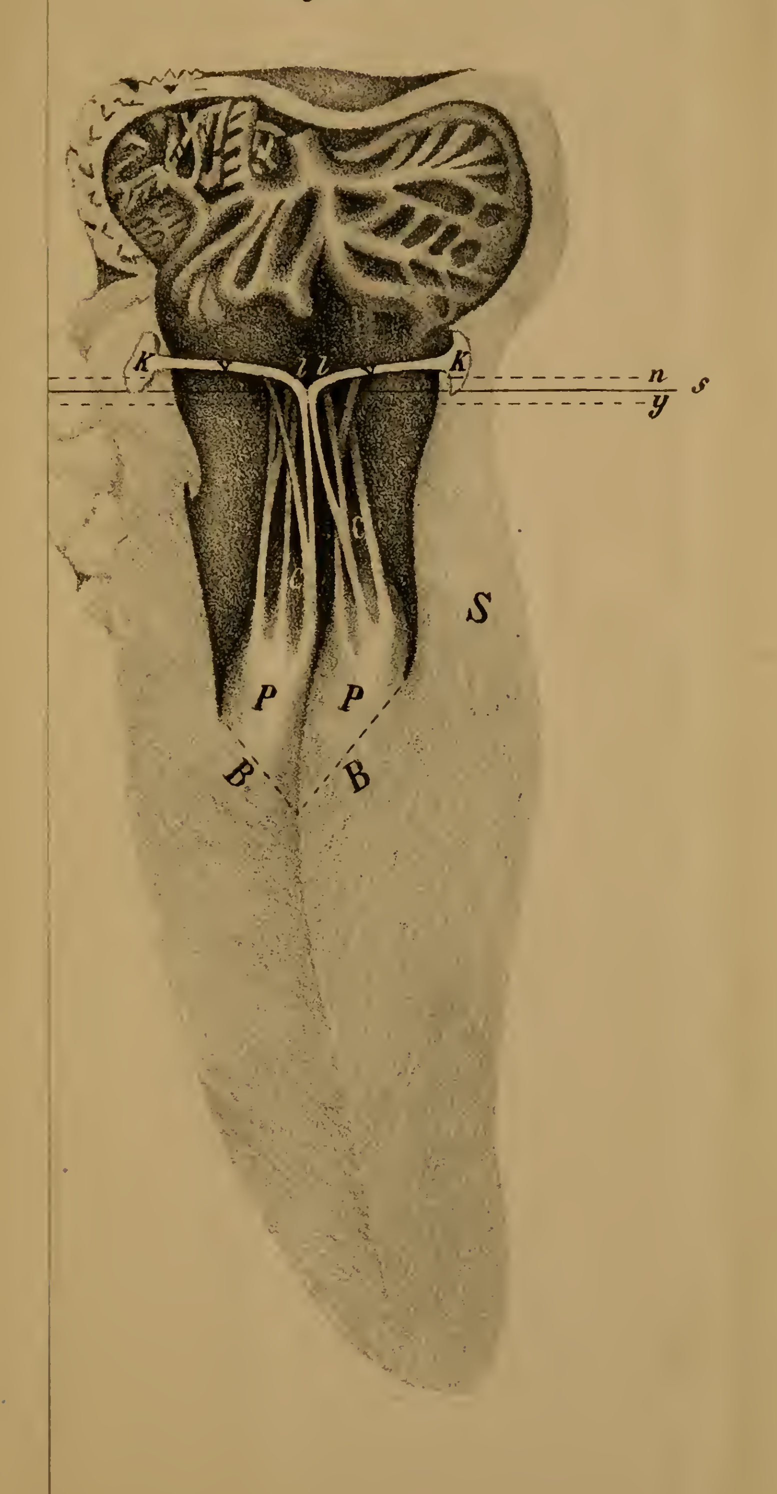

h
g
f
e
d
c
b
a
h
g
f
e
d
c
b
a
2/3
v
k
c
b
a
v
ch.t
k
e
v
k
d
v
ch.t
ch.t
k
coagl
g
v
ch.t
k
f
H. Schøyen, autogr. ad naturam

Fig. 3.



Pl. V.

